

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09082663  
PUBLICATION DATE : 28-03-97

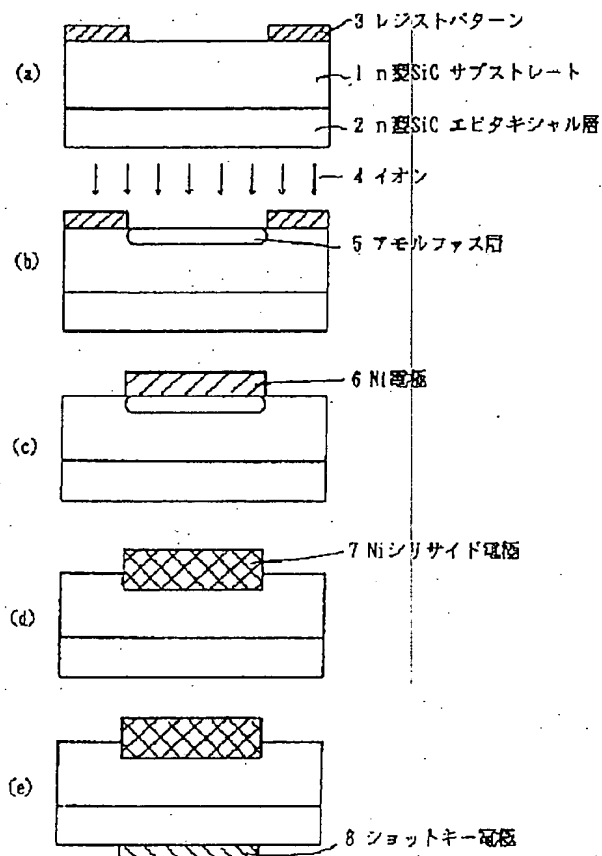
APPLICATION DATE : 13-09-95  
APPLICATION NUMBER : 07234956

APPLICANT : FUJI ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : HASHIMOTO KOICHI;

INT.CL. : H01L 21/28. H01L 21/28. H01L 21/265

TITLE : MANUFACTURE OF SILICON CARBIDE SEMICONDUCTOR DEVICE



**ABSTRACT :** PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain easily an ohmic electrode having a low contact resistance by a method wherein after an amorphous layer is formed by ion-implantation, an electrode metal film is deposited on the amorphous layer and the electrode metal film is subjected to heat treatment.

**SOLUTION:** An epitaxial wafer formed into a constitution, wherein an epitaxial layer 2 is formed on the surface C of an n-type SiC substrate 1, is used, a photoresist is applied on the rear of the substrate 1 and a resist pattern 3 is formed. Ni ions 4 are implanted in the layer 2 to form an amorphous layer 5. The pattern 3 is removed with a release solution and an Ni electrode film 6 is deposited on the layer 5 by sputtering. After this, a heat treatment is performed for 10 minutes at 800°C in a vacuum. By this heat treatment, the film 6 reacts with the layer 5 and is formed into an Ni silicide electrode 7. Then, a gold film is deposited on the surface of the layer 2 at room temperatures to form into a Schottky electrode 8.

COPYRIGHT: (C) JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-82663

(43) 公開日 平成9年(1997)3月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/28

A

技術表示箇所

H 0 1 L 21/28

3 0 1

3 0 1 F

21/265

21/265

Q

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号

特願平7-234956

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区山辺新山1番1号

(22) 出願日

平成7年(1995)9月13日

(72) 発明者 橋本 孝一

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

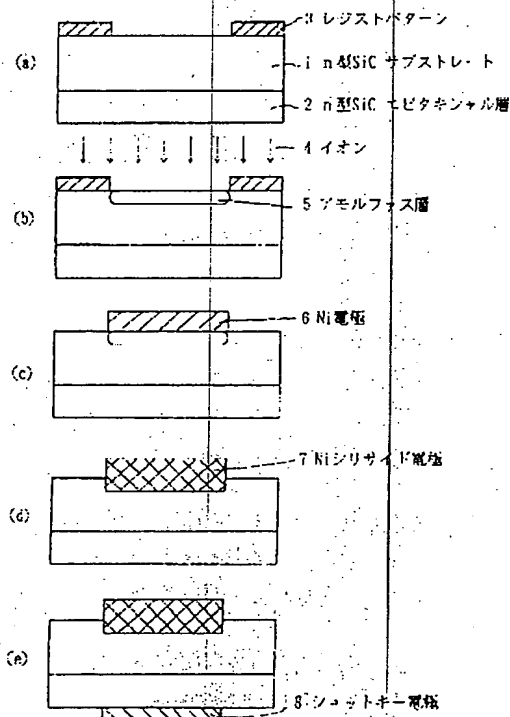
(74) 代理人 介理士 山口 巖

(54) 【発明の名称】 炭化珪素半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】炭化珪素(SiC)半導体装置のオーミック電極を形成する。

【解決手段】SiC半導体装置のn型表面にNiをイオン注入し、表面層にアモルファス層を形成した後、その表面上にNiをスパッタ蒸着し、800℃で熱処理してオーミック電極とした。その接触抵抗として $8 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ を得た。また、酸素ガスのプラズマ中でプラズマドーピングを行い、表面層にアモルファス層を形成した後、その表面上にNiをスパッタ蒸着し、800℃で熱処理してオーミック電極とした。その接触抵抗として $8 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ を得た。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】イオンの注入により、アモルファス層を形成後、そのアモルファス層上に電極金属を堆積し、熱処理をすることによりオーミック接触の電極を形成することを特徴とする炭化珪素半導体装置の製造方法。

【請求項2】イオンを含んだガス中でのプラズマドーピングにより、アモルファス層を形成後、そのアモルファス層上に電極金属を堆積し、熱処理をすることによりオーミック接触の電極を形成することを特徴とする炭化珪素半導体装置の製造方法。

【請求項3】イオンが電極を形成する炭化珪素半導体の部分の導電型を変えないものであることを特徴とする請求項1または2に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

【請求項4】イオンが電極金属と同じ金属であることを特徴とする請求項3に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

【請求項5】熱処理温度が1000℃以下であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、炭化珪素（以下SiCと略記する）を用いた半導体装置の製造方法、特に電極の形成方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ワイドギャップ半導体であるSiCは、シリコンに比較して熱伝導度が3倍、最大電界強度が10倍、電子のドリフト速度2倍という物性値を有しており、次世代半導体材料として、各研究機関等で精力的な研究が行われている。実際に半導体素子としても、耐圧1、1kVのショットキーバリアダイオード（以下SBDと記す）が本発明によって、耐圧100～200Vの縦型MOSFET（MOS電界効果トランジスタ）が上野等によって報告されている（SiCおよび関連ワイドギャップ半導体研究会第2回講演予稿集、1991、1993年、平成6年秋季応用物理学会予稿集、199p、MH-1）。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】SiCを用いた例えばショットキーダイオードやMOSFETのような半導体装置を製造する上で、オーミックな電極を作成することが必要になる。従来、幾つかの方法が試みられているが、いずれも実用上解決すべき問題があった。たとえば、シリコン半導体で最も一般的に用いられているアルミニウム（以下Alと記す）の電極をn型SiC表面上に設けると、オーミック電極にならず、ショットキー電極になってしまう。従来n型SiC表面上に設ける電極金属としてはニッケル（以下Niと記す）が用いられているが、1000℃以上の熱処理を必要とした。またp

型SiC用のオーミック電極としてはAl-Si（Si11%）が使用されているが、この場合も900℃以上の高温熱処理が必要であり、良いオーミック電極が簡単にとは得られなかった。

【0004】特に、MOSFETのように、電極散層をもち、かつゲート酸化膜の界面特性が重要になるような素子では、界面特性や微細構造等に影響しないようにできるだけ熱処理温度が低いことが望ましい。以上の問題に鑑みて本発明の目的は、容易に接触抵抗の小さいオーミック電極が得られるようなSiC半導体装置の製造方法を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記の課題解決のため、本発明は、イオンの注入により、アモルファス層を形成後、そのアモルファス層上に電極金属を堆積し、熱処理をすることによりオーミック接触の電極を形成するものとする。イオンを含んだガス中でのプラズマドーピングにより、アモルファス層を形成後、そのアモルファス層上に電極金属を堆積し、熱処理をすることによりオーミック接触の電極を形成してもよい。

【0006】そのようにすれば、アモルファス層は通常のSiC基体表面とは違い、極めて反応性に富むセンシティブな層であり、低温でシリサイドを生じ易い。特にイオンが電極を形成する炭化珪素半導体の部分の導電型を変えないものであることが重要であり、イオンが電極金属と同じ金属であればさらに良い。そのようにすれば、濃度が高められ、或いは反応に与かる原子数が増す。

【0007】また、熱処理温度が1000℃以下であるものとする。そうであれば、電極形成が容易であり、かつ炭化珪素半導体の微細な構造等に与える影響が小さい。

## 【0008】

【発明の実施の形態】上記の課題を解決するためには、低温でも金属がSiC半導体基体と相互拡散するような状態をつくりだす必要がある。発明者が行った実験において以下の事実が判明した。

1) n型SiC上にNi電極を800nm形成した直後は整流特性を示す。しかし、1200℃で10分間熱処理を施すと、オーミック特性を示した。この時Niはシリサイド化して180nm程度SiC内部に拡散していた。オージェ（Auger）分析をしたところ、熱処理後の電極表面から炭素が検出された。これはNiとSiCが反応して相互拡散していることを示している。

【0009】2) n型SiCに窒素イオンをイオン注入したところアモルファス層が形成されていた。アモルファス層の確認は、透過電子顕微鏡で行った。また、このアモルファス層は通常のSiC基体表面とは違い、非常に酸化などの影響を受けやすく、極めて反応性に富むセンシティブな層であることが分かった。上記の知見が

ら、本発明の炭化珪素半導体装置の製造方法は、イオンの注入や、イオンを含んだガス中でのプラズマドーピングにより、アモルファス層を形成後、そのアモルファス層上に電極金属を堆積し、熱処理をすることによりオーミック接触の電極を形成するものである。

【0010】特に、イオンが電極を形成する炭化珪素半導体の部分の導電型を変えないものであることや、電極金属と同じ金属であればなお良い。

【0011】

【実施例】

【実施例1】以下、図面を参照しながら本発明の実施例について説明する。図1(a)ないし(d)は、本発明の製造方法を説明するための主な工程ごとの断面図である。半導体としてはショットキーダイオードの例で示す、以下、図に沿って説明する。なお図では、上側を裏面、下側を表面とする。

【0012】6H型の不純物濃度 $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $400 \mu\text{m}$ のn型SiCサブストレータ1のC面上に窒素ドーパの不純物濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $5 \mu\text{m}$ のエピタキシャル層2を成膜したエピタキシャルウェハを使用し、n型SiCサブストレータ1の裏面にフォトリソグロスを塗布し、レジストパターン3を形成した(図1(a))。

【0013】エピタキシャル層2にNiイオンをイオン注入した(図1(b))。加速電圧は $25 \text{ keV}$ 、ドーピング量は $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ とした。このイオン注入により、深さ $150 \text{ nm}$ 程度のアモルファス層4が形成される。イオン注入後、レジストパターン3は剝離液で除去する。その後、アモルファス層4の上にスパッタリングによりNi電極膜5(厚さ $800 \text{ nm}$ )を堆積する(図1(c))。

【0014】Ni電極膜5の形成後、真空中で $800^\circ\text{C}$ で10分間の熱処理を行った。この熱処理によって、Ni電極膜5はアモルファス層4と反応してNiシリサイド電極7となる。このとき、Niシリサイド電極7はエピタキシャル層2の表面から約 $180 \text{ nm}$ の深さ迄拡散していた。次にエピタキシャル層2の表面上に金(Au)を室温で蒸着しショットキー電極8とした(図1(d))。

【0015】このショットキーダイオードの電流-電圧特性を測定したところ、室温から $300^\circ\text{C}$ の範囲ですぐれたダイオード特性を示し、表面電極1がオーミック接触になっていることが確認された。また、Niシリサイド電極7の接触抵抗を測定したところ、 $8 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}^2$ であった。これは、n型SiCエピタキシャル層2のドーピングレベルとしては大分低い値である。

【0016】このように、イオン注入によるアモルファス層を利用してオーミック電極を形成すれば、従来のNiのような $1000^\circ\text{C}$ 以上の高温熱処理は不要で、オーミック電極が容易に形成でき、十分低い接触抵抗がえら

れる。しかも、温度が低いので、半導体装置の界面特性や微細構造に与える影響が小さくて済む。

【実施例2】実施例1と同様に6H型の不純物濃度 $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $400 \mu\text{m}$ のn型SiCサブストレータ1のC面上に窒素ドーパの不純物濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $5 \mu\text{m}$ のエピタキシャル層を成膜したエピタキシャルウェハを使用し、SBDを試作した。エピタキシャル層の表面に、熱酸化により酸化膜を形成し、その酸化膜にフォトリソグロスを塗布し、パターンを形成した。

【0017】窒素ガス $0.5 \sim 1.0 \text{ Torr}$ の雰囲気中で、エピタキシャルウェハを $200^\circ\text{C}$ に加熱し、 $13.56 \text{ MHz}$ 、 $900 \text{ V}$ の高周波を引加し、プラズマドーピングを行った。このプラズマドーピングにより、深さ $100 \text{ nm}$ 程度のアモルファス層15が形成される。その後、アモルファス層の上にスパッタリングによりNi電極膜(厚さ $800 \text{ nm}$ )を堆積し、以下実施例1と同様の工程でショットキーダイオードを試作した。

【0018】このショットキーダイオードにおいても、室温から $300^\circ\text{C}$ の範囲ですぐれたダイオード特性を示し、裏面電極がオーミック接触になっていることが確認された。また、Niシリサイド電極7の接触抵抗を測定したところ、 $8 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}^2$ であった。これは、n型SiCエピタキシャル層のドーピングレベルとしては大分低い値である。

【0019】このように、プラズマドーピングによるアモルファス層を利用してオーミック電極を形成すれば、従来のNiのように $1000^\circ\text{C}$ 以上の高温の熱処理は不要で容易に形成でき、十分低い接触抵抗がえられる。上記実施例としては、n型炭化珪素表面へのNiイオンの注入および窒素のプラズマドーピングの例を挙げたが、p型表面へはAlのイオン注入が適当である。注入する表面の導電型を変えない元素であることが重要であり、できれば、電極となる元素であることが望ましい。また半導体装置としては、上記ショットキーダイオードの他に、他の半導体装置例えばバイポーラトランジスタ、MOSFETなどにも本発明は適用できることはいうまでもない。

【0020】また、SiCには複数の結晶形態があり、それぞれ電気的特性が異なるが、現在は作成の容易さから、6H型のSiCが主に検討されている。以上の議論では6H型のSiCについて議論を進めたが、本発明の有効性はその他の結晶形態(3H型、4H型等)でも同様であり、6H型に限定されるものではない。

【0021】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、イオン注入やプラズマドーピングによって、炭化珪素表面にアモルファス層を形成し、その上に電極金属を堆積し熱処理することによって、接触抵抗の小さなオーミック電極が容易に形成できる。よって本発明は、特に炭化

珪素を用いたパワー用半導体装置の発展に大きく寄与するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)ないし(e)は、本発明の製造方法にかかるショットキーダイオードの製造工程ごとの断面図

【符号の説明】

1 n型SiCサブストレート

2 n型SiCエピタキシャル層  
3 レジストパターン  
4 イオン  
5 アモルファス層  
6 Ni電極  
7 Niシリサイド電極  
8 ショットキー電極

【図1】

